真空管低RL OTLアンプについて考える（2）

低RLOTLパワー・アンプの製作

昨年4月号に発表した6AS7G×12本を使用した記事の末尾に，“6080×4本で構成した最大出力5W程度の低RL用OTLを試験してみたい”と書きました．その記事を思い出して低RL用OTLに挑戦したいと思います．

スピーカのインピーダンスがソリッドステート・アンプに適合させるため，8Ωが標準となって随分長い年月がたちました．16Ωのスピーカ・システムやスピーカ・ユニットを手に入れることはほとんど不可能に近いといって良いと思います．まして，100Ω～400Ωのスピーカ・ユニットの特注に応じてくれるメーカーは皆無といえましょう．

真空管によるOTLアンプの試作に取りかかるのが，なんとなくおっくうに感じる原因はこのあたりにあるようです．OTLアンプの基本はなんといってもハイ・インピーダンス負荷で運用するのが（今回の試作機では100Ω）本来の動作であり，8Ωを負荷として使うのは出力管を相当過酷な状態で動作させることになります．

OTLの設計といえば，なんといっても武末先生の論文によらねばなりませんので，例によってラジオ技術全書012A「第16章 低RL用OTLアンプ」から引用させて頂きます．

低RL用OTLの特異点

通常の標準OTLアンプと比べて設計上著しく異なる点を下記に掲げる．

1）プレート効率が低くなり，非直線歪みが増大する．

2）最大出力時のプレート電流が甚だしく大きくなり，従ってプレート損失も激増する．

3）当然，プッシュプルとしての動作基点は，深いバイアスのB1級動作とせざるを得ない

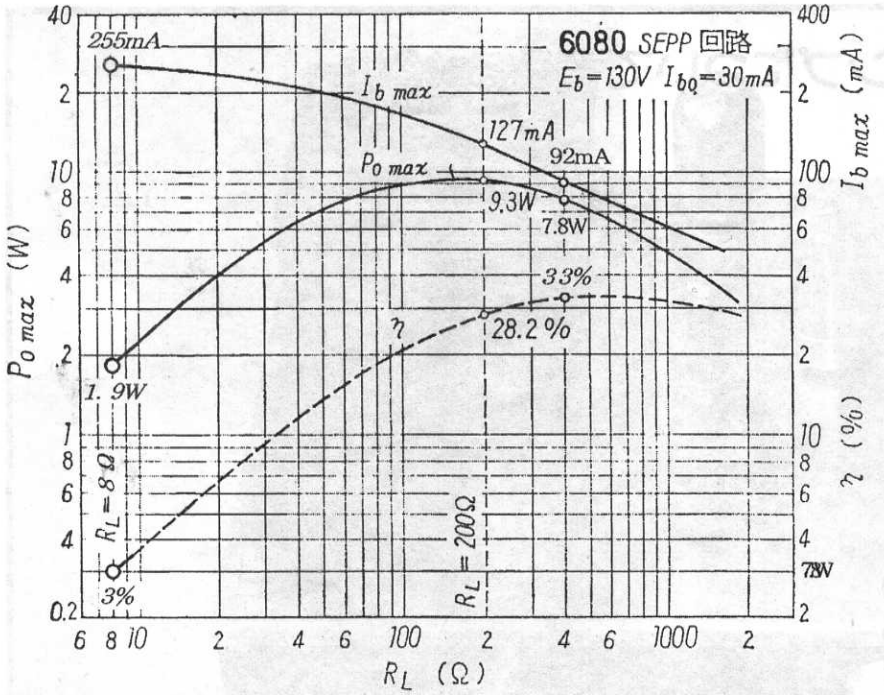
4）B電流の変動が激しく，電源の設計が面倒になる．

（以上，012Aより）

と記されています．この四項目を見ただけで，通常のプッシュプル・アンプと比べ，設計には十分気を引き締めてかからねばならないと思います．

第16・1図に6080・SEPP回路の動作特性が掲載されていますが，この時代の設計出力インピーダンスは16Ωが基準となっています，今回は8Ωのスピーカ・システムを負荷として使用しますので，8Ω負荷の数値を書き込んだものを**第1図**に掲げます．

この図は，低rp双3極管6080（単管）をSEPP回路とした時の，負荷抵抗に対する最大出力（P_0 max）最大出力時のプレート電流（I_p max）およびプレート効率（η）の変化を表したも



〈第1図〉6080・SEPP回路の動作特性

ので，出力の最適負荷抵抗（200Ω）と低RL（8Ω）の場合の違いの大きさを表したものです．最適負荷抵抗（200Ω）と低RL（8Ω）の違いは最大出力に於いて1/5，プレート電流は約2倍，プレート効率においては約1/9になることを覚悟すべきです．そのうえ，出力管が低rp3極管の場合，バイアス電圧がはなはだ大きな値になることで（B1級動作時はとくにはばはだだしい）プレート内部抵抗が低いことと相まって，下記に示す点に設計の重点をおくべきです．

5）ドライブ電圧が著しく大きな値になり，ドライバの設計が難しくなる．

6）出力管の電圧利得が低くなるのに加えて，多量の負帰還を要するので，必然的に利得の高いドライバ段が必要とされる．

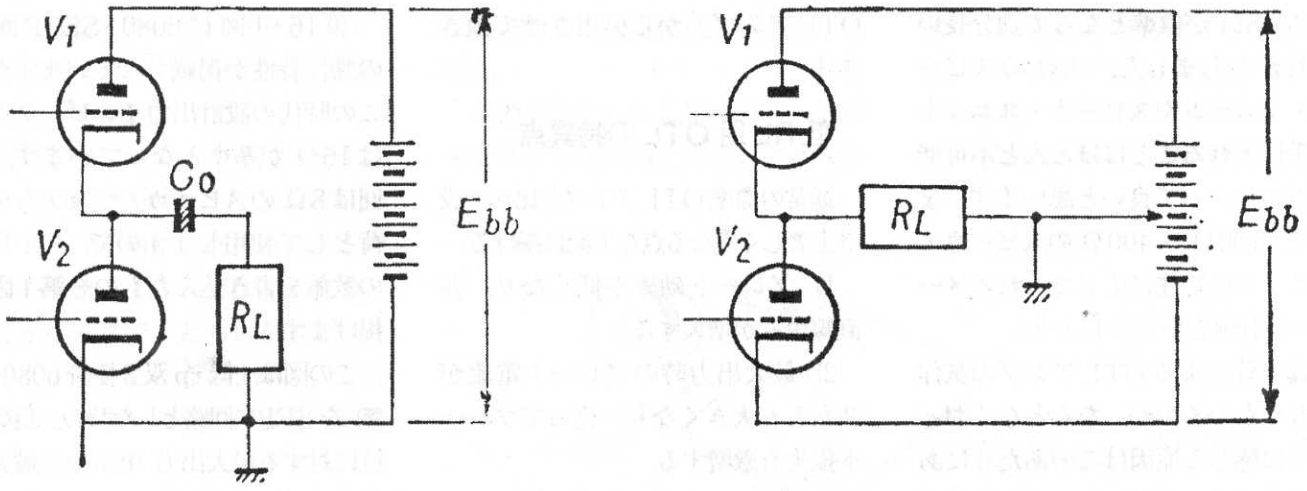
高いドライブ電圧を得ようとすれば，高いプレート耐電圧の電圧増幅管（試作機では12BH7A）をドライバとして採用し，450V～550V位の高いB電圧を供給する必要があります．したがって位相反転段にはPK分割型よりも利得の高いカソード結合型が採用され，同じ理由から初段管に5極管を採用する必要があります．

1）出力結合コンデンサはいちじるしく大容量になる．その為，**第2図(a)**の不平衡型結合方式は殆ど使用されず，**第2図(b)**の出力管と負荷が直接結合できる，平衡結合型（中性点接地）が使用される．

もっとも，不平衡結合方式にも優れた点が多いのですが，このケミコンは出力回路の一部を構成する関係から設置場所に制限が多いため使われなくなったようです．それに引き替え平衡型結合方式はケミコンが電源回路に含まれ，しかも，中性点が接地されますので低RL用OTLアンプではほとんどこの方式が使われています．

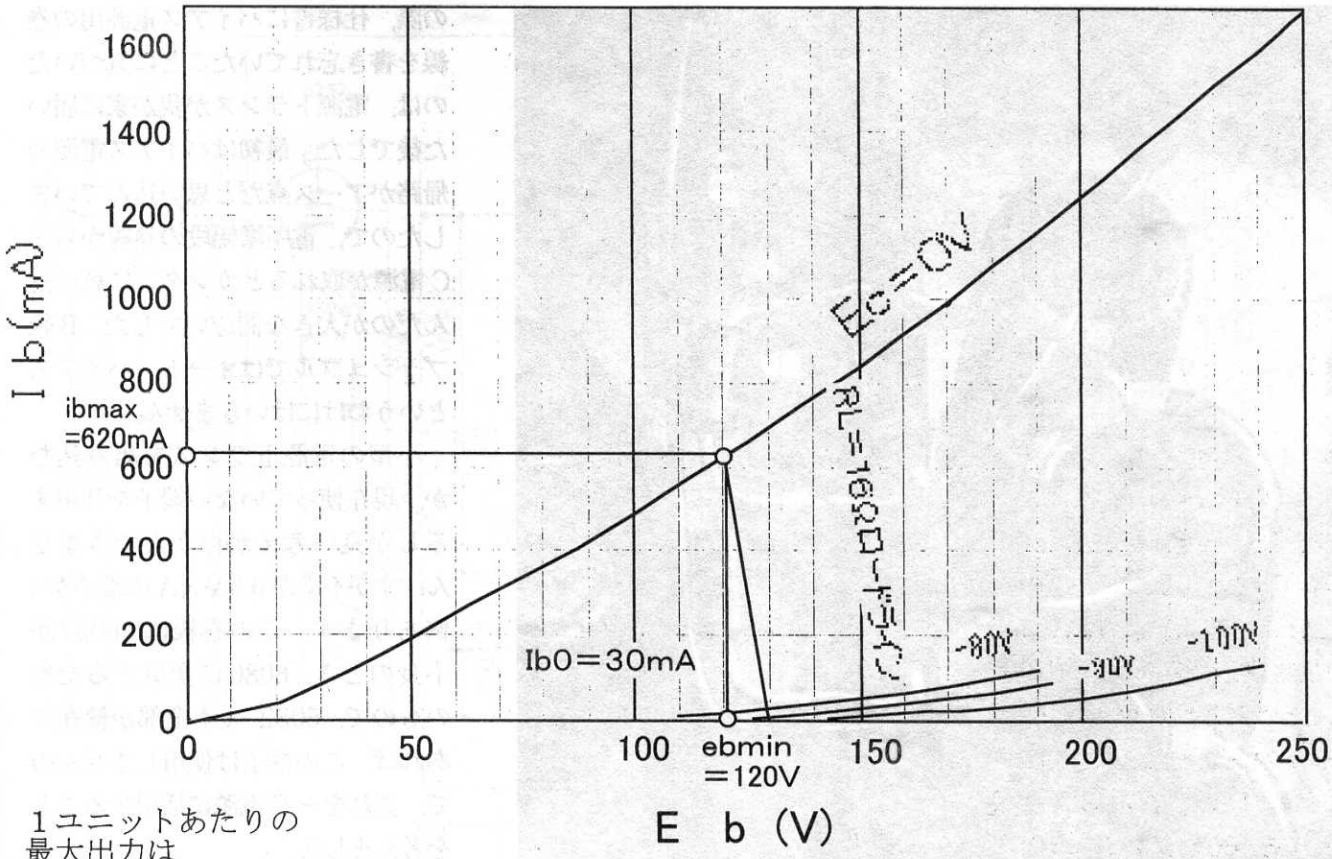
以上述べた諸点は，互いに関連しあって低RL用OTLアンプの特性を支配します．その設計は一般の標準的（RL）OTLアンプに比べて面倒で，コスト的に割高になるのが普通です．OTLアンプとOPT付アンプの経済的分野を示す線図を**第3図**に掲げます．

＊上記に掲げた図は全書012Aより転載したものです．



(a) 不平衡結合　　(b) 平衡結合

〈第2図〉OTLアンプの出力結合方式



〈第6図〉
6080のEb-Ib曲線

1ユニットあたりの
最大出力は

$$Pomax = \frac{(Eb-ebmin)Ibmax}{2} = \frac{(130-120)\times 0.62}{2} = 3.1(W)$$

∴片チャンネルの最大出力は　3.1×2 ＝ 6.2(W) となる

最大出力時のプレート電流の平均値（直流分）Ibmaxは

$$Ibmax \fallingdotseq \frac{Ibmax}{3.14} = \frac{620}{\pi} \fallingdotseq 197(mA)$$ 実際の電流は2倍の394(mA)になる

この時のプレート損失Pomaxは1ユニットあたり

$$Pomax = Eb \cdot Ibmax - \frac{Pomax}{2} = 130\times 0.197 - \frac{3.1}{2} = 25.6-1.55 \fallingdotseq 24.W)$$ となり

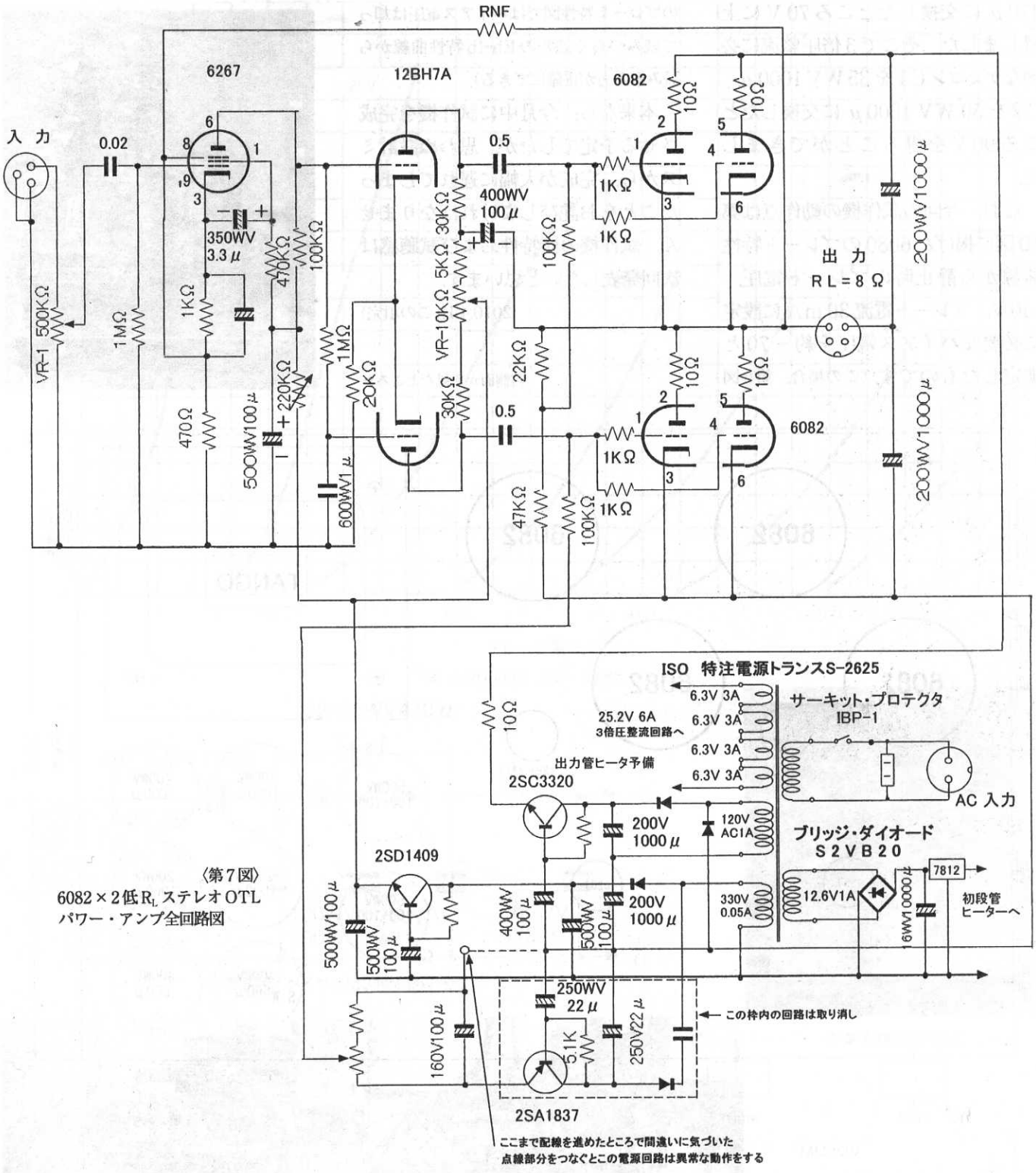
このまま連続使用すれば球の破損につながる恐れがある。しかし。平均出力を1W付近に制限すれば十分実用になる。

このアンプはB級として設定しているので、最大出力時のプレート電圧（１３０Ｖ）でも、プレート電流がカット・オフしない程度のバイアス電圧に設定しなければならない。

上図の特性表からＥｃ＝－７０Ｖ程度が必要である。この時のプレート電圧が、１４０Ｖに上昇すると仮定すれば、Ibo≒30mAと考えられる。よって無信号時のプレート損失Ppoは1ユニットあたり

$$Ppo = Eb0 \cdot Ib0 = 140\times 0.03 \fallingdotseq 4.2(W)$$ となり6080の許容損失の1/2以下になる

ただし、静止時のプレート電圧を先に決定しているので、最大出力時にプレート電圧は予測できない
そこで最大出力時のプレート電圧を仮に１２０Ｖに設定した。



〈第7図〉
6082×2低R_LステレオOTL
パワー・アンプ全回路図

そこでこれを3倍圧整流すれば，要求される－C電圧が得られそうです（もし6082が使えず6080に変更するする場合，1次100V2次32Vの小型トランスがジャンク・ボックスにあることを確認済みで，これをシャーシ内に取り付け，3倍圧整流回路はそのまま使用する予定）．

しかし，予定外の回路を付け加えたためスペースを見つけるのに苦労しました．シャーシ内の配置をバイアス用電源端子があるものとして作図しているため，さして大きくもない3倍圧整流回路を挿入するのにこんなに手間取るとは考えてもいませんでした．

第9図に3倍圧－C電源回路を掲げます．最初は以前使った経験からケミコンをすべて100WV100μを使って回路を構成したのですが，入力のAC電源が6.3V×4＝25.2Vと低いゆえか出力DC電圧が60V前後しか出てくれません．そこで試みに入力起動コンデンサを100WV100μを取り外し，手持ちの33WV